فصل ۱

مقدمه

۱-۱ مقدّمه

افزایش تولید مرغ و تخم مرغ، افزایش هزینه های تولید، شرایط آب و هوایی و سیاست های اقتصادی از عواملی هستندکه امروزه پرورش دهندگان طیور را بیشتر از پیش ترغیب می کند که در تنظیم جیره به منابع جایگزین از حیث قیمت، ارزش غذایی، قابلیّت دسترسی و تأثیر آن بر کمیّت و کیفیّت محصول توجّه ویژه ای داشته باشند. با توجّه به قرار گرفتن کشورمان در کمربندِ خشک زمین و مشکل کمبود آب، همچنین افزایش قیمت جهانی ذرّت و حجم واردات این غلّه و سهم آن در جیره ی طیور، به نظر می رسد سورگوم با دارا بودن خصوصیّات ویژه ی زراعی و ارزش غذایی تقریباً مشابه، جایگزین مناسبی برای ذرّت باشد.

توسعه ی کشت محصولاتی نظیر سورگوم که تحت شرایط نامناسب ذکر شده همچنان محصول قابل توجّهی تولید نمایند، یقیناً سودمند می باشد. چنانچه بتوان ارزش غذایی سورگوم را برای دام و طیور بهبود داد و جایگزین ذرّت در تغذیه ی دام نمود، رقابت انسان و دام برای ذرّت در این مناطق رفع شده و این امر موجب کاهش هزینه های خوراک می گردد. یک راه برای ترغیب تولید این محصول، ایجاد تقاضا با نشان دادن امکان مصرف اقتصادی آن در خوراک دام می‌باشد.

تحقیقات قابل توجّهی در مورد ارزش غذایی سورگوم در تغذیه‌ی طیور انجام شده است. نتایج بسیاری از مطالعات، کم بودن قابلیّت بهره مندی طیور از سورگوم حاوی تانن در مقایسه با سورگوم فاقد تانن یا ذرّت را مورد اشاره قرار داده‌اند.

واریته، وضعیّت آب و هوایی، خاک و حاصلخیزی آن از عوامل مؤثر بر ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی سورگوم می باشند. سویه های زیادی از سورگوم با نام های متفاوتی مانند مایلو، ذرّت کَفیر، دورا[1] و هِگاری[2] شناخته شده است (۴۰ و ۵۳). مقاومت بیشتر سورگوم به خشکی در مقایسه با گندم و جو، آن را محصول مناسبی برای مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر می سازد، چرا که بسیاری از این مناطق کمترین میزان بارندگی را دریافت نموده یا توزیع بارندگی نامطلوبی دارند.

دانه های ارقام مختلف سورگوم، خصوصیّات فیزیکی و شیمیایی متفاوتی نشان می دهند. رنگِ پوسته، آشکارترین ویژگی فیزیکی می باشد. معمول ترین رنگ ها سفید، کِرم، قهوه ای و قرمز می باشند. به طور

1. Durra
2. Hegari

کلّی به نظر می رسد که رنگ پوسته با میزان تانن و از اینرو با کیفیّت تغذیه ای دانه ارتباط دارد. گمان می رود مقدار تانن در ارقام دارای رنگ پوسته روشن، در مقایسه با ارقام دارای رنگ تیره، کمتر بوده و لذا از ارزش غذایی بالاتری برخوردار می باشند (۴۳). البتّه این فرضیّه همواره صحیح نیست، مخصوصاً این که ارقام حاوی مقدار کم تانن و حتّی ارقام دارای تانن زیاد، دامنه ی وسیعی از رنگ های مختلف را نشان می دهند. ارقام سورگوم دارای ترکیب بسیار هماهنگی از انواع اسیدهای آمینه ی ضروری می باشند. با مطالعه بر روی ارقام مختلف سورگوم مناسب برای شرایط آب و هوایی ایران، مقدار انرژی آنها از ۳۵۵۲-۲۵۸۷ کیلوکالری در کیلوگرم، پروتئین از ۱۳/۹۸-۹/۴۸ درصد و تانن از ۰/۰۲-۰/۹۹ درصد متغیّر بود. این دامنه

جدول (۱- ۱): ترکیبات اصلی دانه ی سورگوم

ترکیبات اصلی دانه ی سورگوم	(گرم\ به ازای ۱۰۰ گرم مادّه ی غذایی تازه) یا درصد
کربوهیدراتها	۸۰- ۶۵
نشاسته	۷۵- ۶۰
آمیلوز	۲۲- ۱۲
آمیلوپکتین	۵۵- ۴۵
غیر نشاسته	۷- ۲
پروتئین ها	۱۵- ۷
α- کافیرین	۸- ۴
β- کافیرین	۰/۵- ۰/۲
γ- کافیرین	۱/۶- ۰/۷
دیگر پروتئین ها	۵- ۲
چربی	۶- ۱/۵
خاکستر	۴-۱

برگرفته از منابع (۳ و ۶)

تانن ها نوعی عامل ضدّ تغذیه ای موجود در برخی ارقام سورگوم بوده که تأثیر آنها بر عملکرد پرنده و راه های کاستن اثرات مضرّ آنها، با استفاده از روش های فرآوری شده از جمله جوانه زدن، مورد توجّه ویژه ای قرار گرفته است.

گزارشات منتشره جهت تعیین اثرات سورگوم و تانن بر کیفیّت و کمیّت تخم مرغ در جهان اندک است. در مرغان تغذیه شده با جیره های حاوی ۲ یا ۴ درصد اسید تانیک، تولید تخم مرغ های دارای زرده ی خال دار و یا زرده ی بدون رنگ افزایش یافت (۴۶).

در منابع مختلف به تفاوت هایی در قابلیّت هضم انواع سورگوم اشاره شده که احتمالاً مربوط به تانن های موجود در دانه و تأثیر نامطلوب آنها بر عملکرد حیوان می باشد. استفاده از دانه های پُر تانن در تغذیه ی دام، مستلزم غلبه بر اثرات منفی تانن ها می باشد. روش های متعدّد سم زدایی مورد آزمایش قرار گرفته که در این میان فرآوری فیزیکی یا شیمیایی و دستکاری جیره‌ای مهم ترین روش های قابل اشاره می باشند.

۱-۲ اهمّیّت و ضرورت تحقیق

از آن جایی که در کشور ما نیز همانند بسیاری از کشورها، صنعت پرورش طیور نقش اساسی در تأمین پروتئین مورد نیاز جامعه را ایفا می کند و نظر به اینکه بالاترین هزینه ی جاری (حدود ۶۰ الی ۷۰ درصد) در این صنعت، مربوط به تأمین خوراک می باشد، لذا استفاده از اقلام جدید و جایگزین و همچنین منابع جدید پروتئینی، مورد توجّه متخصّصین تغذیه ی طیور می باشد.

جیره های غذایی مرغ، عمدتاً بر اساس اقلام ذرّت و سویا تهیّه می شوند. هدف از طرح حاضر، بررسی عملی استفاده از دانه ی جوانه زده ی سورگوم در جیره ی غذایی مرغان تخم گذار می باشد.

علاوه بر تانن، دانه ی سورگوم حاوی موادّ ضدّ تغذیه ای دیگر از قبیل بتاگلوکان ها می باشد که باعث کاهش ضریب هضمی و اختلالات گوارشی می شوند. برای کاهش اثرات موادّ ضدّتغذیه ای موجود در دانه ی سورگوم، آنها را فرآوری می نمایند. برای این کار از روش هایی مثل جوانه زنی، آسیاب کردن، مالت کردن، افزودن برخی اسیدهای آمینه ی خالص مثل متیونین، پرولین و افزودن چربی استفاده می شود.

۱-۳ کاربرد نتایج تحقیق

از نقطه نظر تولید پروتئین حیوانی و سوددهی اقتصادی، صنعت طیور یکی از مهمترین بخش های صنعتی کشورهای پیشرفته قلمداد می شود. تلاش برای دسترسی و کشف منابع غذایی ارزان تر، توجّه صاحبان این صنعت را به خود جلب کرده است. در نتیجه، پیدا کردن جایگزین مناسب برای منابع پروتئینی، یکی از راه کارها برای متخصّصین تغذیه ی طیور است. از آن جایی که قیمت دانه ی سورگوم یک سوم دانه ی ذرّت است و دارای ترکیب مناسبی از اسیدهای آمینه می باشد، می تواند جایگزین مناسبی در جیره تلقّی شود.

۱-٤ اهداف تحقیق

با توجّه به وجود برخی عوامل ضدّتغذیه ای در دانه ی سورگوم، ضروری به نظر می رسد که این دانه تحت فرآوری قرار گرفته تا ضمن بهبود ارزش غذایی آن، بتوان از آن در صنعت طیور استفاده ی بهتری به عمل آورد. بنابراین اهداف این تحقیق عبارتند از:

۱- بررسی امکان جایگزینی ذرّت با سورگوم در جیره ی غذایی مرغان تخم گذار و تأثیر آن بر عملکرد پرنده و خصوصیّات کیفی تخم مرغ.

۲- کاهش اثرات ضدّتغذیه ای سورگوم با استفاده از روش جوانه زنی دانه‌ی سورگوم.

فصل ۲
بررسی منابع

۲-۱ سورگوم

سورگوم زراعی با نام علمی *Sorghum bicolor (L.)* Moench گیاهی یکساله از خانوادهی غلّات[1]، از تیره ی گندمیان و دارای انواع متعدّد است که قبلاً در ایران ذرّت خوشه ای نامیده می شد. شباهت ظاهری این گیاه با ذرّت و ارزن باعث شده است آمار سطح زیر کشت این گیاهان با هم مخلوط شود. بدین منظور و برای تمایز آن از ذرّت، از سورگوم که یک اسم جهانی برای این گیاه است، استفاده می شود. اجزای اصلی و سازنده ی دانه ی سورگوم، کربوهیدرات ها، پروتئین ها و لیپیدها می باشند و در مقادیر کمتر شامل فیبر، ویتامین و موادّ معدنی است.

کانگاما[2] و رومئی[3] (۲۰۰۵) بر این اشاره داشتند که سورگوم از تنوّع ژنتیکی زیادی برخوردار است به طوری که بیشتر از ۷۰۰۰ واریته از آن در جهان شناسایی شده است. سورگوم از نظر اهمّیّت در بین غلّات در دنیا بعد از گندم، برنج، ذرّت و جو در مقام پنجم و در آسیا پس از برنج و ذرّت در مقام سوم قرار دارد (۳۰، ۶۴ و ۷۱). آمار سطح زیر کشت سورگوم در ایران در سال ۱۳۶۵ فقط شش هکتار گزارش شده که در سال ۱۳۸۲ به حدود چهل هکتار افزایش یافته است. تولید سالانه ی سورگوم در جهان، ۶۰ میلیون تُن است که در این میان کشورهای ایالات متّحده، نیجریه، سودان، مکزیک، چین، هند، اتیوپی، آرژانتین، بورکینافاسو، برزیل و استرالیا را می توان ذکر کرد.

با توجّه به شباهت ترکیب موادّ مغذّی و انرژی دانه ی سورگوم با ذرّت، به نظر می رسد که این گیاه بتواند به عنوان جایگزین بخشی و یا تمامی ذرّت، گندم و جو مصرفی در جیره ی دام و طیور به کار برده شود (۹، ۱۰، ۱۱ و ۸۶). سورگوم قادر به جایگزینی با ذرّت از ۵۰ تا ۷۴ درصد در جیره ی مرغان تخم گذار می باشد. دانه های ذرّت و سورگوم، ترکیبات شیمیایی مشابه و نزدیک به هم دارند. سورگوم دارای ترکیبات ماکرومولکولی شبیه به ذرّت و گندم است (۴۰). انرژی قابل متابولیسم ظاهری[4] سورگوم فقط در حدود ۵ درصد کمتر از ذرّت می باشد. محدوده ی انرژی قابل متابولیسم ظاهری آن در طیور از ۲۷۵۰ تا ۳۵۴۰ کیلوکالری بر کیلوگرم متغیّر می باشد (۴۲). میانگین ارزش انرژی زایی آن در طیور، تقریباً ۳۵۶ کیلوکالری

---

[1]. Graminea
[2]. Kangama
[3]. Rumei
[4]. AME_n

به ازای هر ۱۰۰ گرم می باشد (۴۴). داگلاس و همکاران (۱۹۹۰) نتیجه گرفتند که مقدار انرژی متابولیسمی واریته های پُرتانن سورگوم در مقایسه با واریته های کم تانن آن در طیور، پایین تر است. به علاوه، این واریته ها دارای سطوح بالاتری از الیاف محلول در شوینده‌ی خنثی[۱] و اسیدی[۲] می باشند (۳).

جدول (۲- ۱): مقایسه ی ترکیب شیمیایی دانه های سورگوم و ذرّت (درصد)

	محصول	
	سورگوم	ذرت
ترکیب شیمیایی		
مادّه ی خشک	۸۵	۸۹
انرژی قابل متابولیسم ظاهری	۳۱/۴۵	۳۲
پروتئین خام	۱۰/۹	۹/۶
الیاف خام	۳	۲/۵
عصاره ی اِتری	۳/۵	۴/۱
الیاف نامحلول در شوینده ی خنثی	۱۳/۱	۱۴/۵
الیاف نامحلول در شوینده ی اسیدی	۵/۴	۲/۶
خاکستر	۲	۱/۵

برگرفته از منابع (۳ و ۳۰)

سورگوم معمولاً حاوی میزان کمی لیزین، متیونین و ترئونین بوده و قابلیّت هضم پروتئینی آن نسبت به ذرّت کمتر می باشد. سورگوم در بسیاری از کشورهای گرمسیری، می تواند جایگزین جو در صنایع آبجوسازی و مادّه ی اوّلیّه ی قنادی ها باشد (۳۴). یکی از خصوصیّات این گیاه، توانایی در تولید پلی فنول های نا همگن به نام تانن است که بیشتر در پوشش دانه [۳]متراکم بوده و معمولاً با رنگِ دانه مرتبط است (۳۰ و ۸۶). هر چند این مادّه باعث جلوگیری از رشد قارچ ها، جوانه زنی قبل از برداشت و مقاومت گیاه در برابر پرندگان مهاجم می شود ولی به عنوان یک عامل ضدّتغذیه ای برای حیوانات، به خصوص تک معده ای ها محسوب می گردد (۷۶ و ۸۶)، به نحوی که باعث کاهش قابلیّت هضم مادّه ی خشک، پروتئین و اسیدهای

۱. NDF
۲. ADF
۳. Pericarp

آمینه می شود (۶۶) و از فعّالیّت آنزیم های هضمی ممانعت می کند (۸۵ و ۱۱۴). تعیین ترکیب شیمیایی و انرژی قابل هضم ارقام مختلف سورگوم که در ایران کشت می شوند، نشان داد که دامنه ی تغییرات در این ارقام بسیار زیاد است، به طوری که میزان پروتئین ارقام از ۹ تا ۱۴، چربی خام از ۱/۳۸ تا ۵/۸۴، دیواره ی سلولی بدون همی سلولز از ۳ تا ۱۸/۸ و تانن آن از ۰/۰۲ تا ۱ درصد در نوسان بود و راندمان انرژی خام [۱] از ۹۴ درصد در ارقام کم و متوسط تانن به کمتر از ۷۶ درصد در ارقام پُر تانن کاهش نشان داد (۱۱). همچنین با جایگزینی ارقام مختلف سورگوم به جای ذرّت در جیره ی مرغان تخم گذار و گوشتی، نتایج نشان دهنده ی وجود عواملی به غیر از تانن در سورگوم بوده که باعث کاهش عملکرد در طیور به هنگام استفاده ی کامل از دانه ی سورگوم به جای ذرّت می شود (۹).

توده های زراعی بومی سورگوم در ایران، در مناطق جنوب خراسان، سیستان، کرمان، اصفهان، یزد، گیلان، مازندران و بنادر جنوبی بطور پراکنده وجود دارد.

۲-۱-۱ سازگاری در ایران

سورگوم با شرایط آب و هوایی ایران بخصوص مناطق گرم و خشک (۲۶ تا ۴۰ درجه ی سانتی گراد) سازگاری خوبی دارد. دیکو [۲] و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که رشد این گیاه در ۱۶ تا ۲۰ درجه ی سانتی گراد کم شده و تحت شرایط دمایی زیر ۱۴ درجه ی سانتی گراد متوقّف می گردد (۶۲). این گیاه در مقایسه با ذرّت، دارای سیستم ریشه ای افشان خیلی وسیع است که در حجم زیادی از خاک نفوذ کرده و رطوبت بیشتری جذب می کند. این گیاه برای رشد و نمو نسبت به سایر غلّات، به آب کمتری نیاز دارد، چنان که آزمایشات نشان داده است سورگوم برای تولید یک کیلوگرم مادّه ی خشک، به ۳۳۲ لیتر آب نیاز دارد، در صورتی که این نیاز آبی برای ذرّت ۳۶۸ لیتر، برای جو ۴۳۴ لیتر و برای گندم ۵۱۴ لیتر است. رشد سورگوم در دوره ی خشک و در مواجه با کم آبی متوقّف می شود و با شروع بارندگی یا آبیاری، دوباره شروع می شود. این گیاه رطوبت بیش از حد را نیز بهتر از سایر غلّات به جزء برنج تحمّل می کند. در مقایسه با ذرّت که در صورت زیادی آب در پای بوته از بین می رود، سورگوم در چنین شرایطی، به رشد خود ادامه می دهد. سورگوم تحمّل خوبی نسبت به شوری آب و خاک، خشکی و مسمومیّت آلومینیوم دارد (۶ و ۱۲).

۲-۱-۲ موارد مصرف سورگوم

موارد مصرف دانه ی سورگوم تقریباً همانند مصارف ذرّت و جو است. از آن به عنوان غذای انسان (بیشتر از ۳۵ درصد از سورگوم به مصرف انسانی می رسد) و تهیّه ی خوراک دام و طیور و همچنین در

---

۱. TME/ GE
۲. Dicko

صنایع نشاسته و الکل سازی استفاده می شود. آویکا[1] و رونی[2](۲۰۰۴) گزارش کردند که غذاهای تهیّه شده از واریته های سورگوم با مقدار تانن بالا در انسان، به مدّت زمان بیشتری برای عبور از معده نیاز دارند. ترکیبات شیمیایی دانه ی سورگوم بسته به ارقام مختلف، متفاوت است. میزان پروتئین آن از ۸ تا ۱۶ درصد تغییر می کند و ارقام تجاری آن دارای ۱۰ تا ۱۳ درصد پروتئین می باشند. مقادیر لیزین، متیونین، فیبر خام، خاکستر و فسفر سورگوم، به طور متوسط مشابه ذرّت است.

۲-۱-۳ پراکندگی مصرف

سورگوم دانه ای در کشورهای پیشرفته به عنوان خوراک دام و طیور مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول (۲- ۲): میزان مصرف تقریبی سورگوم در گونه های مختلف

گونه ی حیوان	درصد (مصرف از جیره ی متراکم)
جوجه گوشتی	۰
طیور والد	۵
تخم گذار	۵
گوساله	۵
گاو شیری	۱۰
گاو گوشتی	۱۰
بره	۵

برگرفته از منبع (۲۸)

میزان تانن ارقام موجود در کشور، کمتر از یک درصد و در ارقام اصلاح شده در ایران، کمتر از نیم درصد است (۱۲). امروزه تانن در تغذیه ی نشخوارکنندگان، باعث عبور مقدار بیشتری از پروتئین و نشاسته ی خوراک از شکمبه می شود و به عنوان یک آنتی اُکسیدان و آنتی بیوتیک طبیعی عمل می کند و ضمن پیشگیری از عارضه ی اسیدوز، باعث افزایش تولید شیر، درصد چربی، پروتئین و لاکتوز شیر می شود. عملکرد سورگوم دانه ای بسته به ارقام مختلف، حاصلخیزی خاک و شرایط آب و هوایی، از دو تا ۱۱ تُن در هکتار متغیّر است و عملکرد ارقام اصلاح شده در ایران، از پنج تا ۱۱ تُن در هکتار متغیّر است (۱۲).

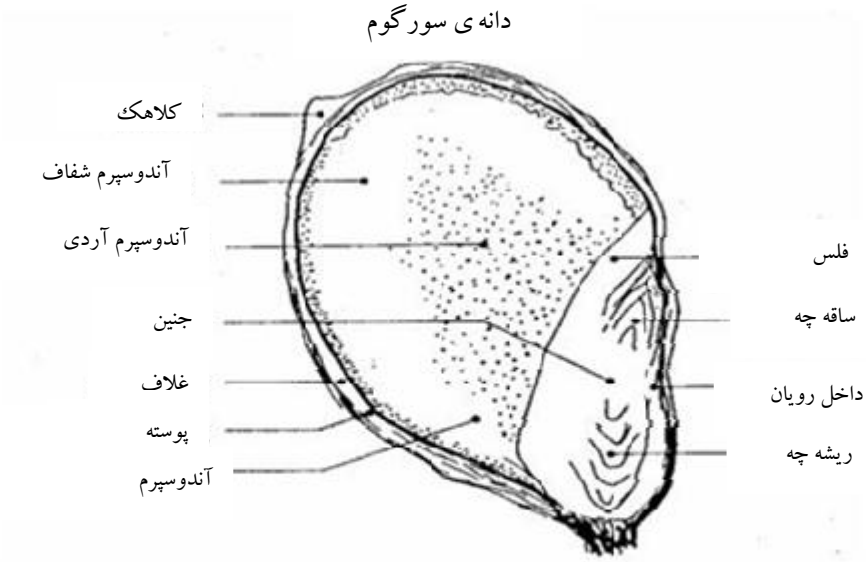
[1]. Awika
[2]. Rooney

۲-۱-٤ برداشت و مصرف

زمانی که دانه ی سورگوم آماده ی برداشت می شود، ساقه و برگ این گیاه هنوز سبز و آبدار است که با توجّه به کمبود علوفه در ایران، از آنها می توان به عنوان علوفه نیز استفاده کرد. البتّه در کشورهای پیشرفته، این بقایا را با ماشین آلات خرد کرده و به خاک برمی گردانند که ضمن افزایش کیفیّت خاک، از فرسایش بادی و آبی آن نیز جلوگیری به عمل می آورند (۶).

۲-۲ خصوصیّات دانه ی سورگوم

قطر دانه های سورگوم در حدود ۴ تا ۸ میلی متر، کتابی شکل و معمولاً یک طرف دانه ها، مقعّر[۱] است. دانه، دارای پوست نسبتاً سختی است و محتوی موادّ آردی شکل آن، سفید تا کِرم رنگ است. وزن هزار دانه ی آن، ۶۰- ۱۵ گرم است.



شکل (۲- ۱): ساختار دانه ی سورگوم

دانه ی سورگوم در مقابل آفات انباری به غیر از موش، مقاوم بوده و دارای رنگ سفید، زرد، قرمز و قهوه ای تیره است. طیّ تحقیقی، وانیسکا[۲] (۲۰۰۰) اعلام داشت، حضور رنگدانه ها و رنگ دانه ی سورگوم در ارتباط با خصوصیّات ژنتیکی بوده و توسط ژن های R و Y کنترل می شود. دانه های تیره رنگ، دارای

۱. Cave
۲. Waniska

مقادیر بیشتری تانن نسبت به دانه های روشن رنگ هستند. آندوسپرم دانه، شامل لایه ی سخت خارجی و بخش نرم سفید آردی یا نشاسته ای در مرکز می باشد. بیشترین میزان نشاسته در آندوسپرم دانه وجود دارد که مقدار آن ۲/۵ درصد می باشد (۶ و ۱۲). بذر سورگوم شامل ۸۴ درصد آندوسپرم، ۱۰ درصد جنین و ۶ درصد پوسته است (۱۲). آندوسپرم، بزرگترین بخش دانه ی سورگوم می باشد و ترکیب ساختمانی آن با کیفیّت و ارزش غذایی دانه، ارتباط مستقیمی دارد. نشاسته ی آندوسپرم دانه از آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل یافته است. طبق گزارشات بیلینو [۱] و همکاران (۲۰۰۱) نشاسته در ارقام مومی به طور عمده از آمیلوپکتین است. ضریب قابلیّت هضم موادّ آلی آن بیشتر از ۵۰ درصد است (سلولز ۶۰ درصد، موادّ غیر ازته ۵۴ درصد، چربی ۴۰ درصد و پروتئین ۲۰ درصد) (۴۳ و ۶۲).

ارقام مومی دارای آندوسپرم احشایی [۲] بوده و چسبیدن قالب پروتئینی که نشاسته را احاطه نموده، بی شکل بوده و مقاومت کمتری دارد. این ارقام دارای حلالیّت و قابلیّت هضم پذیری بیشتری (پروتئین، نشاسته و ...) نسبت به سایر ارقام سورگوم می باشند. سورگوم بر حسب نوع استفاده به پنج گروه دانه ای، علوفه ای، علفی، قندی و جارویی تقسیم می شود. گروه سورگوم دانه ای عمدتاً برای تولید دانه کشت شده و در پرورش و تغذیه ی دام و طیور، کاربرد فراوان دارد. بر طبق استانداردهای رسمی کشور آمریکا، دانه ی سورگوم شامل سورگوم دانه سفید، دانه زرد، دانه قرمز، دانه قهوه ای و دانه ای مخلوط را شامل می شود (۶ و ۷۲).

۲-۲-۱ کربوهیدرات ها

کربوهیدرات های اصلی در سورگوم شامل: نشاسته، پلی ساکاریدهای غیرنشاسته ای[۳]، قندهای محلول، پنتوزان ها، سلولز و همی سلولز می باشند. اساساً غلّات به خاطر ارزش انرژی حاصل از نشاسته ی آنها، در جیره ی طیور استفاده می شوند. امّا محقّقین معتقدند که نشاسته ی سورگوم کمتر از ذرّت، تحت تأثیر هضم آنزیمی قرار گرفته و قابلیّت هضم نشاسته با اثر متقابل نشاسته و پروتئین و عوامل ضدّتغذیه ای مثل بازدارنده های فیتات و تانن ها تحت تأثیر قرار می گیرد. آنها همچنین بیان کرده اند، ذرّات نشاسته در ذرّت معمولی و سورگوم از نظر اندازه، شکل و ترکیب خیلی شبیه هستند و تفاوت اصلی در نوع و چگونگی توزیع پروتئین در اطراف نشاسته در درون آندوسپرم[۴] است (۶۶). سورگوم سهم بیشتری از آردینه ی محیطی[۵] را نسبت به ذرّت دارا می باشد که این نواحی خیلی متراکم بوده و به نفوذ آب و هضم مقاوم می باشند. همچنین سلول های جانبی مقدار زیادی پروتئین دارند که نسبت به تجزیه ی آنزیمی و مکانیکی مقاوم هستند. این نواحی

---

[1] . Blennow
[۲]. Viscera Endosperm
[۳]. Non- Starch- Polysacharide (NSP)
[4] .Endosperm
[۵]. Peripheral Endosperm

همچنین باعث می شوند که پوشش حفاظی برای سلول های زیرین که حاوی نشاسته ی زیاد می باشند، ایجاد نمایند (۶۷ و ۷۵). نشاسته، منبع اوّلیّه ی ذخیره ی انرژی در غلّات از جمله سورگوم می باشد. نشاسته در سلول های آردینه (آندوسپرم) و در گرانول هایی قرار گرفته و جزء سازنده ی آنرا شامل می شود. قطر گرانول های نشاسته در سورگوم، بین ۲۵- ۵ میکرومتر (میانگین ۱۵ میکرومتر) است. دمای ژلاتینی شدن[۱] نشاسته ی سورگوم در محدوده ی ۷۵- ۷۰ درجه ی سانتی گراد است و از این جهت نشاسته ی آن از خصوصیّات منحصر به فردی برخوردار است و کاربرد آن را در صنعت کاهش می دهد (۶۶). گرانول های نشاسته در آب سرد، نامحلول می باشند. اصطلاح ژلاتینی شدن برای توصیف متورّم شدن و هیدراسیون گرانول های نشاسته به کار می رود. ژلاتینی شدن نشاسته در داخل دسته های مولکولی و طیّ تغییرات برگشت ناپذیری شامل متورّم شدن گرانول ها، کریستالیزه شدن آنها، شکستن دوباره ی آنها و قابلیّت حل شدن گرانول های نشاسته، آشکار می شود. این تغییرات تمام یا بخشی از موادّ موجود در گرانول های قابل حل را قادر ساخته تا در ویژگی های غذایی از قبیل بافت و ترکیب، ویسکوزیته و نگهداری رطوبت آن شرکت کنند. بِتا[۲] (۲۰۰۱) گزارش کرد که نشاسته ی سورگوم به عنوان نوع B در مقایسه با نوعA که در نشاسته ی سیب زمینی، مانیوک[۳] و سورگوم مومی می باشد، طبقه بندی می گردد (۳۸).

جدول (۲- ۳): میزان نشاسته و قند موجود در دانه‌ی سورگوم و ذرّت (درصد از موادّ کربوهیدراتی)

ترکیبات	محصول	
	سورگوم	ذرّت
نشاسته	۶۸/۳	۶۸
قند	۲	۲
نشاسته + قند	۸۲/۵	۷۵

برگرفته از منبع (۶)

صرف نظر از منابع گیاهی، ساختمان نشاسته با دو مولکول با وزن بالا که آمیلوز و آمیلوپکتین می باشند، ترکیب شده است. محتوی آمیلوز در دانه ی سورگوم مومی، کمتر از ۱ درصد می باشد. در سورگوم های معمولی این مقدار در محدوده ی ۱۷- ۱۰ درصد (بر اساس وزن تازه) است و تقریباً ۳۰- ۲۰ درصد از ساختمان نشاسته را شامل می شود. در جدول ۲- ۴ تفاوت معنی داری در محتوی نشاسته بین

۱. Gelatizination
2. Beta
3. Tapioca

دانه های سورگوم قرمز و سفید وجود ندارد. بررسی محتوی نشاسته در ۵۰ واریته ی سورگوم قبل و بعد از جوانه زدن، نشان داد که تفاوت در محتوی ترکیبات آن وجود دارد (۶۲).

آمیلوز از واحدهای خطّی مشابه آلفا ۱ و۴ گلوکوپیرانوز تشکیل شده است که می تواند شکل حلزونی داشته باشد (۱۰۳ و ۱۱۷). مارپیچ درونی آن هیدروفوبیک (آب گریز) بوده و آمیلوز را قادر می سازد که به شکل یک کمپلکس با اسیدهای چرب آزاد و ... ترکیب شود (۷۴). در میزان آمیلوز، در بین واریته های مختلف سورگوم، تفاوت معنی داری وجود دارد (۳۸ و ۶۲).

آمیلوپکتین از زنجیره های کوتاه آلفا ۱ و ۴ گلوکوپیرانوز (اکثریّت ۲۰- ۱۰ واحد در نشاسته ی سورگوم) و زنجیره های آلفا ۱ و ۶ گلوکوپیرانوز با شاخه های منشعب زیاد، تشکیل شده است (۴۳). میزان آمیلوپکتین در سورگوم در محدوده ی ۵۴- ۴۵ درصد متغیّر است. در سطوح آمیلوپکتین در واریته های سورگوم، برخلاف آمیلوز، اختلاف معنی داری مشاهده نشده است (۶۲).

جدول (۲- ۴): مقایسه میزان نشاسته، آمیلوز، آلفا و بتا آمیلاز در واریته‌های مختلف سورگوم با رنگ پوسته متفاوت در سورگوم های جوانه زده و جوانه نزده

α- آمیلاز و β- آمیلاز	میزان آمیلوز	میزان نشاسته	جوانه زنی	رنگ دانه
پایین	بالا	بالا	خیر	سفید
بالا	بالا	بالا	بله	قرمز
متوسط	پایین	متوسط	خیر	سفید
بالا	پایین	بالا	بله	سفید
بالا	پایین	بالا	بله	سفید
بالا	بالا	بالا	خیر	سفید

برگرفته از منابع (۴۳ و ۶۲)

پلی ساکاریدهای غیرنشاسته ای عمدتاً در پریکارپ و دیواره ی سلولی آندوسپرم قرار گرفته و بسته به نوع واریته، مقدار آن از ۲ تا ۷ درصد متغیّر است (۱۰۹). هاتفیلد [۱] و همکاران (۱۹۹۹) اعلام کردند، پلی ساکاریدهای غیرنشاسته ای در دانه ی سورگوم لزوماً از آرابینوزایلان ها و دیگر بتا گلوکانها تشکیل شده اند و ۵۵-۴۰ درصد از تمام پلی ساکاریدهای غیرنشاسته ای را شامل می شوند. در سورگوم، آرابینوزایلان هایی وجود دارند که حاوی فرولیک اسید [۲] و کوماریک اسید [۳] می باشند. آرابینوزایلان ها، یکی از اصلی ترین پلی ساکاریدهای غیرنشاسته ای موجود در دیواره های سلولی سورگوم می باشند و نقش مهمّی را در

۱. Hatfield
۲. Feroulic acid
۳. Coumaric acid

فرآوری آن در صنایع آبجوسازی و طبّاخی بر عهده دارند. آندوسپرم انواع مختلف سورگوم، حاوی ۳۰- ۲۳ درصد آمیلوز است ولی در واریته های مومی سورگوم، این مقدار کمتر از ۵ درصد است. سورگوم منبع خوبی از فیبرهای نامحلول می باشد (۸۶/۲ درصد).

۲-۲-۲ پروتئین ها

میزان پروتئین و ترکیبات متفاوت سورگوم، ناشی از ژنوتیپ، قابلیّت دسترسی به آب، دما، حاصلخیزی خاک و شرایط محیطی در طول دوره ی رشد و نموّ دانه است. مقدار پروتئین سورگوم در تمامی واریته های آن، معمولاً بین ۱۵- ۷ درصد بوده اما گاهی اوقات بیشتر از این مقدار هم گزارش شده است (۳۷، ۵۷ و ۷۳).

پروتئین های سورگوم بر اساس قابلیّت انحلال به آلبومین ها، گلبولین ها، پرولامین های[۱] قابل حل در الکل و گلوتلین ها[۲] تقسیم بندی شده اند (۱۰۲).

تشکیل پرولامین ها که بخشی از پروتئین اصلی در سورگوم است، به وسیله ی گلوتلین ها حاصل می شود. پروتئین دانه ی سورگوم به لحاظ اسید آمینه ی ضروری لیزین، کمبود دارد (غیر از چندین واریته ی جدید سورگوم، با مقدار لیزین بالا). طبق مطالعات آزمایشگاهی و انجام شده در حیوان، قابلیّت هضم پروتئین های سورگوم عموماً کمتر از سایر غلّات می باشد و این مقدار برابر با ۷۴/۵ درصد در مقایسه با ۷۸/۵ درصد قابلیّت هضم برای ذرّت است. قابلیّت هضم پروتئین های سورگوم، به واسطه ی پختن کاهش می یابد ولی قبل از تخمیر پذیری ممکن است قابلیّت هضم آن، افزایش یابد (۶۲). قابلیّت هضم کم سورگوم را می توان ناشی از اتّصالات و واکنش های پلی فنولی با پروتئین ها و کربوهیدرات ها دانست.

۱. Prolamines
۲. Glutelines

۲-۲-۲-۱ اسیدهای آمینه ی موجود در دانه ی سورگوم

همانطور که گفته شد، یکی از اسید آمینه های محدود کننده در سورگوم، لیزین است.

جدول (۲- ۶): مقایسه ی میزان اسیدهای آمینه در دانه ی سورگوم و ذرّت (درصد)

	محصول	
	سورگوم	ذرّت
لیزین کل	۰/۲۵	۰/۸۰
لیزین قابل استفاده	۰/۱۵	۰/۵۰
متیونین	۰/۲۰	۰/۲۰
متیونین + سیستئین	۰/۴۰	۰/۴۵
تریپتوفان	۰/۱۰	۰/۱۰
ترئونین	۰/۴۰	۰/۶۰
آرژنین	۰/۴۰	۰/۵۰

برگرفته از منبع (۳)

هیستیدین، متیونین و ایزولوسین در دانه ی سورگومی که میزان تانن آن برابر با ۰/۳۷ درصد است، در مقایسه با دانه ی سورگوم با میزان تانن کمتر، بالاتر است. قابلیّت دسترسی اسیدهای آمینه ی حقیقی[۱]، زمانی که میزان تانن دانه ی سورگوم افزایش پیدا می کند، کاهش یافت. قابلیّت دسترسی اسیدآمینه ی پرولین، بیشتر تحت تأثیر تانن قرار می گیرد که این مقدار بسته به مقدار تانن موجود در دانه، متفاوت است. سورگوم در مقایسه با ذرّت، از پروتئین بیشتری برخوردار بوده ولی کیفیّت پروتئینی آن پایین تر از ذرّت است (۶۳ و ۸۶). با وجود این که میزان اسیدهای آمینه ی گوگرددار در سورگوم و ذرّت برابر است، ولی این اسیدهای آمینه در سورگوم در مقایسه با ذرّت، از قابلیّت دسترسی کمتری برخوردار می باشند (۶۳). اِستفنسون[۲] و همکاران (۱۹۷۰) ارزش قابلیّت هضم اسیدهای آمینه را در ۲۴ واریته ی سورگوم با استفاده از روش جمع آوری مدفوع در جوجه ها، تعیین کردند. آنها نتیجه گرفتند، زمانی که یک یا دو اسید آمینه ی محدود کننده را به جیره های حاوی سورگوم با میزان تانن بالا اضافه کردند، اثرات منفی این واریته ها بر عملکرد طیور قابل رؤیت

۱. True Availability Amino Acids (TAAA)
2 .Stephenson

است. آنها همچنین نتایج مشابهی را با استفاده از دانه ی سورگوم با میزان تانن پایین و حتّی از آزمایشات با ذرّت، حاصل کردند (۶۹). به علّت تفاوت قابلیّت دسترسی اسیدهای آمینه در بین واریته های مختلف، داشتن اطّلاعات کافی به منظور شناخت، انتخاب و کاربرد واریته های مختلف سورگوم در تغذیه ی دام و طیور، ضروری است.

میزان متیونین در دانه ی سورگوم با مقدار تانن پایین از ۰/۱۱۴ درصد به ۰/۱۸۲ درصد در دانه ی سورگوم با مقدار تانن متوسط رسیده و این میزان در دانه ی سورگوم با مقدار تانن بالا، ۰/۱۷۶ درصد است. تفاوتی ۰/۰۶۸ درصدی بین واریته های سورگوم با مقدار تانن پایین و بالا مشاهده شد. این نتایج ۰/۰۴ درصد بالاتر یا پایین تر از نتایج گزارش شده در NRC می باشند. واریته های مختلف سورگوم با میزان تانن متفاوت در آنها، در مقایسه با گزارشات موجود در NRC، سیستئین بیشتری را دارند (۰/۲۰۵ درصد در مقابل ۰/۱۱ درصد.

متیونین و سیستئین، اوّلین و دومین اسیدآمینه ی محدود کننده در دانه ی سورگوم با مقدار تانن پایین و متوسط می باشند، در حالی که در دانه ی سورگوم با مقدار تانن بالا، لیزین اوّلین و متیونین دومین اسیدآمینه ی محدود کننده به شمار می روند. طبق نتایج اِستفنسون و همکاران (۱۹۷۰)، مقدار سیستئین در دانه ی سورگوم با میزان تانن پایین و بالا به ترتیب برابر با ۲/۲ درصد و ۱/۹ درصد می باشد. در همین گزارش، میانگین مقدار متیونین در حدود ۰/۲ درصد است.

طبق گزارشات این محقّقین، میزان لیزین برای دانه ی سورگوم با مقدار تانن پایین و متوسط با نتایج NRC یکسان می باشد، ولی میزان لیزین برای دانه ی سورگوم با مقدار تانن بالا، پایین تر از نتایج NRC است. طبق گزارشات اُکو [1] و همکاران (۱۹۸۹) نسبت لیزین به پروتئین در دانه ی سورگوم در حدود ۲/۷۴ درصد می باشد.

برخلاف اسیدهای آمینه ی متیونین و لیزین، در گزارشات اِستفنسون و همکاران (۱۹۷۰)، میزان آرژنین در دانه ی سورگوم با مقدار تانن پایین و در دانه ی سورگوم با مقدار تانن متوسط، تقریباً مشابه با گزارشات موجود در NRC می باشد ولی درصد پروتئین آنها از گزارشات موجود در NRC پایین تر می باشد. گلوتامیک اسید در واریته های تحت مطالعه ی سورگوم در گزارشات اِستفنسون، بالاترین میزان پروتئین (۲۲ درصد) را دارا می باشد که این مطابق با گزارشات اُکو و همکاران (۱۹۸۹) بوده ولی در حدود ۵ درصد بالاتر از گزارشات مربوط به داگلاس [2] (۱۹۹۱) می باشد.

برخلاف تصوّر، نسبت بیشتری از اسیدهای آمینه در دانه ی سورگوم با مقدار تانن بالا در مقایسه با دانه ی سورگوم با مقدار تانن متوسط و پایین وجود دارد. این مشاهده بر این اشاره می کند که میزان پروتئین خام اندازه گیری شده در واریته های سورگوم نمی تواند معیار دقیقی از اسیدهای آمینه باشد. کمیّت های

[1] . Okoh et al
[2] . Douglas

هیستیدین، ایزولوسین و متیونین در دانه ی سورگوم با مقدار تانن بالا، بالاتر از همین کمیّت ها در دانه ی سورگوم با مقدار تانن متوسط و پایین می باشد. اِستفنسون و همکاران (۱۹۷۰)، قابلیّت دسترسی اسیدهای آمینه برای واریته های سورگوم با مقدار تانن کم را ۷۹ درصد و آن را برای واریته های سورگوم با مقدار تانن بالا ۶۸/۵ درصد به دست آوردند. آنها همچنین یک رابطه ی منفی و معنی دار بین میزان تانن و قابلیّت دسترسی اسیدهای آمینه را گزارش کردند. این اختلافات ممکن است به دلیل تفاوت در کمیّت ها یا روش های اندازه گیری تانن باشد (۸۶ و۹۶).

افزایش ۳ تا ۴ برابری در سطوح فعّالیّت آنزیم های پروتئولایتیک روده ای موش های تغذیه شده با اسید تانیک مشاهده شده است (۸۱). بنابراین قابلیّت دسترسی کمتر اسیدهای آمینه برای واریته های سورگوم با مقدار تانن بالا، می تواند بوسیله ی افزایش اسیدهای آمینه ی آندوژنوسی مدفوع، محاسبه شود (۸۱)، به طوری که بالاترین میزان قابلیّت دسترسی اسیدهای آمینه مربوط به متیونین در واریته های سورگوم با مقدار تانن بالا و پایین و اسید گلوتامیک در واریته های سورگوم با مقدار تانن متوسط می باشد. صرف نظر از متیونین که برای قابلیّت دسترسی اسیدهای آمینه در دانه های سورگوم با مقدار تانن پایین و متوسط، اختلاف معنی داری را نشان نداد، در دانه های سورگوم با مقدار تانن بالا، اختلافات معنی دار برای دیگر اسیدهای آمینه ی ضروری دیده می شود.

در دانه های سورگوم با مقدار تانن پایین و متوسط، هیستیدین کمترین قابلیّت دسترسی اسیدهای آمینه را داشته، در حالی که در دانه های سورگوم با مقدار تانن بالا، پرولین بیشتر تحت تأثیر میزان تانن قرار گرفته و کمترین قابلیّت دسترسی اسیدهای آمینه را نشان داد. در قابلیّت دسترسی اسیدهای آمینه، کاهشی از ۹۱/۶ درصد در سورگوم با مقدار تانن پایین به ۲۲/۸ درصد در سورگوم با مقدار تانن بالا دیده شد. اِستفنسون و همکاران (۱۹۷۰)، تأثیرات بیشتر تانن بر پرولین را نیز مطالعه کردند. آنها گزارش کردند که برای دانه های سورگوم با مقدار تانن بالا، قابلیّت دسترسی اسید آمینه ی پرولین، ۱۹/۴ درصد و این مقدار در دانه های سورگوم با مقدار تانن پایین، ۹۳/۳ درصد می باشد. برای ممانعت از تأثیر تانن بر انتقال اسیدهای آمینه، مکانیسم دیگری نیز پیشنهاد شده است. تانن به پروتئین های غیر انتقالی چسبیده و سیّالیّت آنها را تغییر می دهد. نشان داده شدکه تغییرات ایجاد شده در سیّالیّت غشایی، می تواند با وظایف انتقال روده ای در ارتباط باشد (۹۳). کینگ[1] و همکاران (۲۰۰۰) طیّ گزارشات خود اعلام داشتند، تانن می تواند مستقیماً به پروتئین های انتقالی چسبیده و ساختمان آنها را تغییر دهد. این تغییرات ساختمانی، وابستگی و نزدیکی پروتئین های انتقالی به اسیدهای آمینه را نشان داده و ظرفیّت آنها را تغییر می‌دهند

[1] . King

۲-۲-۳ لیپیدها

میزان چربی خام سورگوم به طور میانگین در حدود ۳ درصد است که این مقدار بالاتر از گندم و برنج است. عمدتاً جنین دانه ی سورگوم به لحاظ روغن غنی بوده و شامل اسیدهای چرب غیراشباع است (۸۰). ترکیب اسیدهای چربِ روغن سورگوم شبیه به روغن ذرّت بوده که شامل ۴۹ درصد اسید لینولئیک، ۳۱ درصد اسید اُولئیک، ۱۴ درصد اسید پالمتیک، ۲/۷ درصد اسید لینولنیک و ۲/۱ درصد اسید اِستئاریک می باشد ولی میزان روغن در سورگوم در مقایسه با ذرّت، غیر اِشباع تر است (۲۰ و ۱۰۸). میزان انرژی آن نیز همانند ذرّت، بالاست. دانه ی سورگوم حاوی حدوداً ۱/۵ ppm کاروتنوئید می باشد. صرف نظر از ذرّت و گندم دوروم، سورگوم حاوی مقدار زیادی بتاکاروتن می باشد.

۲-۲-٤ ویتامین ها و موادّ معدنی

با توجّه به جدول ۲- ۸، سورگوم منبع خوبی از ویتامین های گروه B (تیامین، ریبوفلاوین، پیریدوکسین)، غیر از B12 می باشد. ویتامین های گروه B و موادّ معدنی در لایه ی آلرون[۱] (مادّه ی آلبومینی دانه)، متراکم شده اند. همچنین منبع خوبی از ویتامین های محلول در چربی (A,D,E,K) نیز می باشد. سورگوم منبع خوبی از ۲۰ مادّه ی معدنی می باشد (۴۴). همچنین از لحاظ فسفر، پتاسیم، آهن و روی غنی است (۲۸ و ۸۰). سورگوم از لحاظ سدیم فقیر است. کمبود روی (یک عنصر مهم برای خانم های باردار) در ذرّت و گندم نسبت به سورگوم رایج تر است (۹۴). سورگوم از نظر کلسیم فقیر بوده و مقدار ویتامین های گروه B آن تقریباً معادل با ذرّت است ولی از نظر تیامین غنی است (۹). از نظر ویتامین D و کاروتن نیز دارای ارزش غذایی پایین می باشد. تمامی دانه های غلّات، منابع خوبی از منیزیم، آهن، روی و مس می باشند. قابلیّت دسترسی زیستی آهن در سورگوم، به وسیله ی حضور پلی فنول ها و فیتات ها تحت تأثیر قرار می گیرد (۴۴).

[۱]. Aleourone layer

جدول (۲- ۸): میزان ویتامین ها و موادّ معدنی موجود در دانه ی سورگوم

ویتامین ها و موادّ معدنی	میلی گرم در۱۰۰ گرم مادّه ی خشک
ویتامین A	۲۱
تیامین	۰/۳۵
ریبوفلاوین	۰/۱۴
نیاسین	۲/۸
پیریدوکسین	۰/۵
بیوتین	۰/۰۰۷
پانتوتنات	۱
ویتامین C	<۰/۰۰۱
کلسیم	۲۱
کلر	۵۷
مس	۱/۸
ید	۰/۰۲۹
آهن	۵/۷
منیزیوم	۱۴۰
فسفر	۳۶۸
پتاسیم	۲۲۰
سدیم	۱۹
روی	۲/۵

برگرفته از منبع (۹۱)

۲-۳ ارزش غذایی دانه ی سورگوم

دانه ی سورگوم به خوش خوراکی دانه ی ذرّت نیست، مخصوصاً دانه های شیری برخی از واریته های آن، به علّت وجود تانن زیاد، دارای طعمِ تلخی هستند (۵۲). نشان داده شده است که در جیره هایی که پروتئین کافی داشته باشند، استفاده از سورگوم و یا ذرّت، هیچ گونه تفاوت معنی داری در رشد و راندمان غذایی نداشته است (۱۱۵). سورگوم و جو را می توان به صورت آسیاب شده، جایگزین ذرّت در سطح ۴۰ درصد جیره ی نیمچه های لگهورن سفید و رِدایلندرد کرد. عملکرد نیمچه های لگهورن سفید از ۱۴- ۸ هفتگی در پاسخ به جایگزینی سورگوم و جو به جای ذرّت در سطح ۴۰ درصد جیره، مورد بررسی قرار گرفت و راندمان تبدیل غذایی جهت اضافه وزن بدین ترتیب بود: جو< ذرّت< سورگوم.